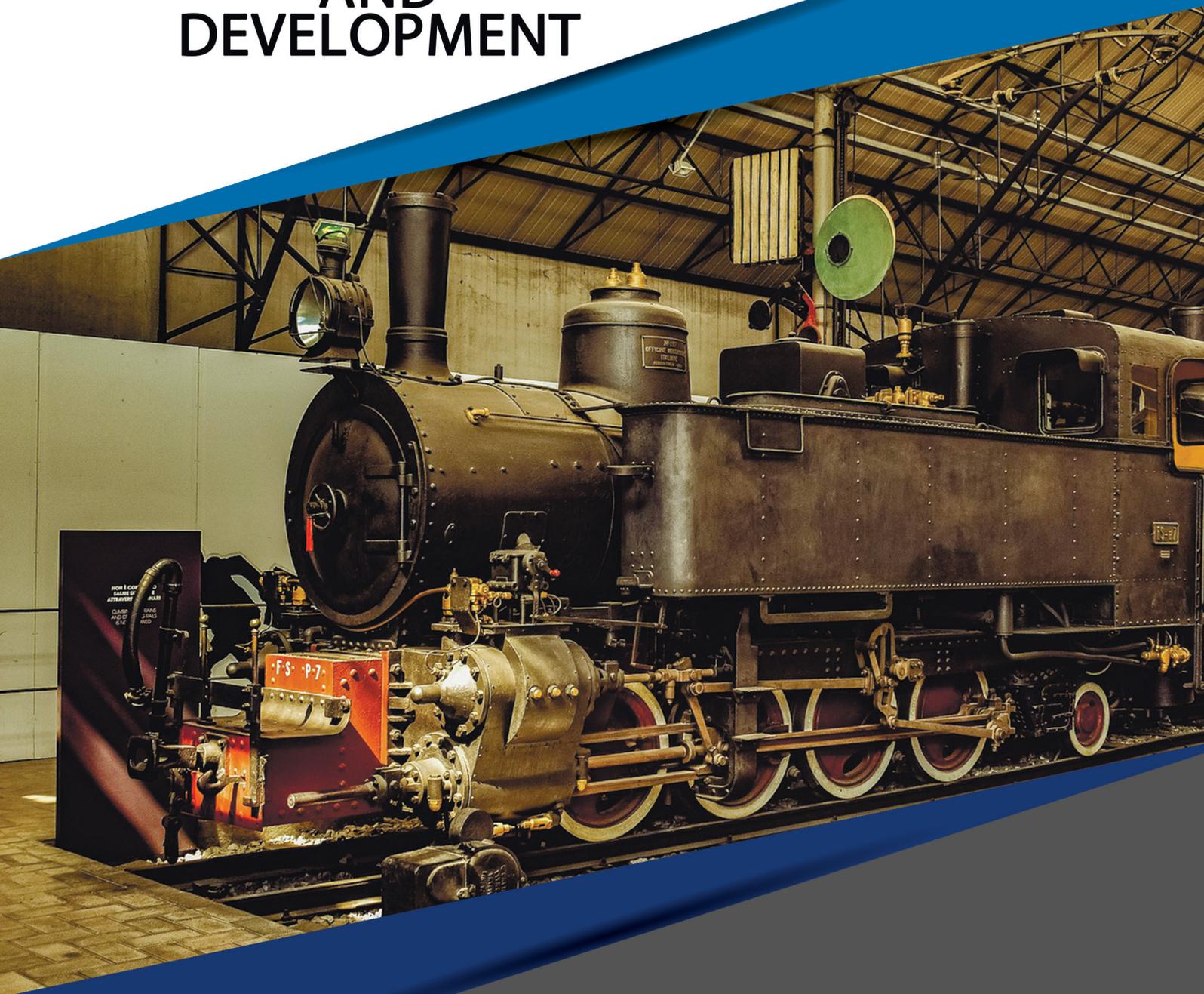


MONOGRAPH

TECHNICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT



DOI 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.I
ISBN 978-1-63732-136-2
BOSTON (USA) – 2021
ISG-KONF.COM

ISBN - 978-1-63732-136-2

DOI- 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.I

*Technical research and
development*

Collective monograph

Boston 2021

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN - 978-1-63732-136-2

DOI- 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.I

Authors - Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V., Khomenko V., Chernysh O., Makyeyeva I., Barsukov V., Litvin V., Zaporozhets A., Mikhalieva M., Odosii L., Кудрявцев П., Кудряшова О., Елохов А., Кудрявцев Н., Bilushchak Y., Chernukha O., Chuchvara A., Boyko N., Filinovich V., Belkin L., Iurynets J., Fursov I., Shmatko O., Tretyak V., Kolomiitsev O., Melenti Y., Havrysh B., Tymchenko O., Selmenska Z., Izonin I., Kalachova V., Misyura O., Huriev D., Zakirov Z., Kryzhanivskiy I., Kucheruk V., Hlushko M., Lukianchenko O., Kostina O., Pasieka N., Марчук В.І., Тулашвілі Ю.Й., Лук'янчук Ю.А., Нікора І.В., Козирев В.Ю., Кодацький М.М., Третяк В.Ф., Чорненький О.В., Сачанюк-Кавецька Н., Ходякова Г., Ходякова Н., Lebedev L., Dubovik V., Rozen P., Osadchuk A., Osadchuk N., Osadchuk I., Бужин О.А., Menchynska A., Ivanyuta A., Manoli T., Strashynskiy I., Pasichnyi V., Marynin A., Fursik O., Shevchenko T., Stukalska N., Kuzmin O., Koretska I., Polovyk V., Hrushevskaya I., Нікульшин В., Денисова А., Мельнік С., Андрющенко А., Височин В., Стеценко Н., Гойко І., Василенко О., Танірвердієв А., Стащенко М., Намчук О., Шаламова К., Польщикова Н., Тюрикова Е., Русол А., Быкова А., Лисаченко М., Maiorova K., Bychkov I., Riabikov S., Suponina V., Bychkov M., Novoselchuk N., Shevchenko L., Posternak I., Posternak S., Posternak O., Red'ko Y., Garanina O., Romanyuk E., Samoichuk K., Palianychka N., Vasylykivskiy I., Fedynets V., Yussyk Y., Березовский С., Близнюк С.В., Онофрійчук О.П., Ковальський В., Бондарь А., Лемешев М., Очеретный В., Олейник Т.П., Семенова С.В., Кириленко Г.А., Маковецкая Е.А., Казанцева А.И., Польовик В.В., Березова Г.О., Стукальская Н.М., Кирпиченкова О.М., Корецька І.Л., Chernets M., Chernets Y., Kornienko A., Oparin S., Pelevin L., Gorbatyuk I., Terentyev O., Sviderskiy A., Peretiaka N., Savchenko O., Кириченко І.Г., Резніков О.О., Рукавишников Ю.В., Щукін О.В., Орел О.В., Піцишин Б.С., Орел В.І., Попадюк І.Ю., Fialko N., Prokopov V., Sherenkovskii J., Aleshko S., Meranova N., Makarov V., Perov M., Kaplin M., Rymar T., Zayats M., Kazmiruk M., Sigarev E., Lobanov Y., Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Тітлов О.С., Альтман Е.І., Мукмінов І.І., Домнічев М.В., Нестеренко О.В., Близнюкова О.Ю., Ніжник Н., Сігал О., Плашихін С., Сафьянц А., Куценко В., Телюков С., Литовченко Д., Рыбалко Д., Рязанцев С., Chupaylenko A., Kozlov A., Polishchuk R., Chupaylenko A., Kozlov A., Bilokur M., Kalinichenko Y., Stenhach O., Alexandrovskaya N., Volovyk K., Kourov M., Kalinichenko Y., Stenhach O., Alexandrovskaya N., Volovyk K., Kourov M., Sharai S., Hilevska K., Lebid V., Sokulsky O., Vasiltsova N., Storozhuk S., Pronchenko A., Yesaulov S., Babicheva O., Симбирский Г.

Published by Primedia eLaunch

<https://primediaelance.com/>

Text Copyright © 2021 by the International Science Group(isg-konf.com) and authors.

Illustrations © 2021 by the International Science Group and authors.

Cover design: International Science Group(isg-konf.com). ©

Cover art: International Science Group(isg-konf.com). ©

All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe and Ukraine. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science.

The recommended citation for this publication is:

Technical research and development: collective monograph / Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2021. 616 p. Available at : DOI- 10.46299/ISG.2021.MONO.TECH.I

TABLE OF CONTENTS

1. CHEMICAL TECHNOLOGY		
1.1	Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V. MODIFICATION OF FIRE-RETARDANT INTUMESCENT COATINGS	12
1.2	Khomenko V., Chernysh O., Makyeyeva I., Barsukov V. THE INFLUENCE OF ROLLING ON CHARACTERISTICS OF ELECTROCHEMICAL CAPACITORS	18
1.3	Litvin V., Zaporozhets A. SYNTHESIS, STRUCTURE AND PROPERTIES OF METAL-CARBON NANOCOMPOSITES BASED ON SYNTHETIC HUMIC SUBSTANCES	22
1.4	Mikhailieva M., Odosii L. IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF SURFACE WATER CONDITION	27
1.5	Кудрявцев П., Кудряшова О., Елохов А., Кудрявцев Н. НОВЫЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА: СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	31
2. COMPUTER SCIENCE		
2.1	Bilushchak Y., Chernukha O., Chuchvara A. APPROXIMATION OF BOUNDARY CONDITION ACCORDING TO EXPERIMENTAL DATA ON THE LOWER SURFACE OF THE BODY DURING THE SIMULATION OF THE BULK WATER FILTER	64
2.2	Boyko N. CREATION OF INFORMATION SYSTEMS USING POWER ALGORITHMS	80
2.3	Filinovych V., Belkin L., Iurynets J. CYBERSECURITY GUARANTEES AS A FACTOR OF INFORMATION SECURITY	85
2.4	Fursov I., Shmatko O., Tretyak V., Kolomiitsev O., Melenti Y. INFORMATION SECURITY APPROACHES OF CYBER PHYSICAL SYSTEMS	92

2.5	Havrysh B., Tymchenko O., Selmenska Z., Izonin I. THE PRINCIPLE OF HIDING DATA IN JPEG FORMAT	108
2.6	Kalachova V., Misyura O., Huriev D., Zakirov Z., Kryzhanivskyi I. ANALYSIS OF POSITIVE EXPERIENCE OF EFFECTIVE APPLICATION OF DISTANCE LEARNING TECHNOLOGIES BY HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF UKRAINE DURING THE CORONIOVIRUS EPIDEMIC COVID-19	113
2.7	Kucheruk V., Hlushko M. IMPROVING ACCURACY OF RECOMMENDER SYSTEMS BASED ON COLLABORATIVE FILTERING ALGORITHM ITEM-TO-ITEM	119
2.8	Lukianchenko O., Kostina O. FINITE ELEMENT MODELING OF THIN-WALLED SHELL STRUCTURE WITH CRACKS	126
2.9	Pasieka N. STRUCTURING OF METHODS FOR SOLVING MATHEMATICAL AND APPLIED TASKS AND ITS INFORMATION ENTITY	130
2.10	Марчук В.І., Тулашвілі Ю.Й., Лук'янчук Ю.А. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АДИТИВНИХ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ	137
2.11	Нікора І.В., Козирєв В.Ю., Кодацький М.М., Третьак В.Ф., Чорненький О.В. МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ СТЕГАНОГРАФІЧНОГО ПІДХОДУ	142
2.12	Сачанюк-Кавецька Н. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ІДЕНТИФІКАЦІЙНОЇ ЛОГІКО-ЧАСОВОЇ ФУНКЦІЇ	150
2.13	Ходякова Г., Ходякова Н. ПРОДВИНУТОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ JAVA STREAM API	160
3.	ELECTRICAL ENGINEERING	
3.1	Lebedev L., Dubovik V., Rozen P. TECHNOLOGICAL INFORMATION FRACTALS	170

4.	ELECTRONICS	
4.1	Osadchuk A., Osadchuk N., Osadchuk I. FREQUENCY TRANSDUCERS OF GAS CONCENTRATION FOR THE DIAGNOSIS OF STRAINS OF BACTERIA HELICOBACTER PYLORI	178
5.	ENGINEERING GRAPHICS	
5.1	Бужин О.А. ПОДІЛ ВІДРІЗКА НА ТРИ РІВНІ ЧАСТИНИ У ЗАДАЧАХ НА ПОБУДОВУ З ІНЖЕНЕРНОЇ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ	195
6.	FOOD TECHNOLOGY	
6.1	Menchynska A., Ivanyuta A., Manoli T. IMPROVEMENT OF FISH SNACKS TECHNOLOGIES WITH THE APPLICATION OF BIOTECHNOLOGICAL FAT REMOVAL	200
6.2	Strashynskiy I., Pasichnyi V., Marynin A., Fursik O., Shevchenko T. MODERN TECHNOLOGICAL TECHNIQUES FOR IMPROVING THE QUALITY OF SMOKED SAUSAGES	216
6.3	Stukalska N., Kuzmin O., Koretska I., Polovyk V., Hrushevskaya I. SCIENTIFIC SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF BECHAMEL SAUCE OF THE INCREASED NUTRITIONAL VALUE	222
6.4	Нікульшин В., Денисова А., Мельнік С., Андрющенко А., Височин В. ОПТИМІЗАЦІЯ ОКРЕМИХ СТУПЕНІВ ВИПАРКИ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА	230
6.5	Стеценко Н., Гойко І. РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЗБАГАЧУВАЧА АНТИОКСИДАНТНОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ПЛОДІВ ПОМЕЛО ТА КОНТРОЛЬ ЙОГО ЯКОСТІ	235

7.	HISTORY	
7.1	Василенко О., Танірвердієв А., Стащенко М., Намчук О., Шаламова К. ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ ЗАСТОСУВАННЯ СВІТЛОВИХ ЗАСОБІВ В АРХІТЕКТУРІ УКРАЇНИ	241
7.2	Польщикова Н., Тюрикова Е., Русол А., Быкова А., Лисаченко М. РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРЫ ЗАПАДНОЙ, ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В V – X ВВ.	249
8.	INNOVATIVE TECHNOLOGIES	
8.1	Maiorova K., Bychkov I., Riabikov S., Suponina V., Bychkov M. CONTROL OF PROPELLER FOR AN ULTRA-LIGHT TWIN-SEAT AIRCRAFT MANUFACTURING	256
8.2	Novoselchuk N., Shevchenko L. INNOVATIVE AND ECOLOGICAL FINISHING MATERIALS IN CHILDREN'S INSTITUTIONS	265
8.3	Posternak I., Posternak S., Posternak O. CSTC T-PPR: ORGANIZATIONAL MEASURES TECHNOLOGIES OF ENHANCING ENERGY EFFICIENCY OF RECONSTRUCTION BUILDINGS HISTORICAL BUILDING OF ODESSA	270
8.4	Red'ko Y., Garanina O., Romanyuk E. DEVELOPMENT OF TEXTILE MATERIALS WITH ELECTROMAGNETIC CHARACTERISTICS USING NANOTREATMENT AND SURFACE MODIFICATION	275
8.5	Samoichuk K., Palianychka N. ANALYTICAL STUDIES OF PISTON PULSATION HOMOGENIZATION OF MILK	297
8.6	Vasytkivskyi I., Fedynets V., Yusyuk Y. THERMAL CONDUCTIVITY MEASURING DEVICES BASED ON THERMAL BRIDGE CIRCUITS	317
8.7	Березовский С. ND НООН-МОДЕЛИ КОММУТАЦИОННЫХ ПАТТЕРНОВ НА ЭЛЕМЕНТАХ БЕРЕЗОВСКОГО	330

8.8	Близнюк С.В., Онофрійчук О.П. СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДПРИЄМСТВА УКРАЇНИ В УМОВАХ КАРАНТИНУ	350
8.9	Ковальський В., Бондарь А., Лемешев М., Очеретный В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ, НАПОЛНИТЕЛЕЙ И МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕЙ В СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ ДЛЯ ПОРИЗОВАННЫХ РАСТВОРОВ	360
8.10	Олейник Т.П., Семенова С.В., Кириленко Г.А., Маковецкая Е.А., Казанцева А.И. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ В АРХИТЕКТУРЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА	367
8.11	Польовик В.В., Березова Г.О., Стукальска Н.М., Кирпиченкова О.М., Корецька І.Л. МОДЕЛЮВАННЯ ХАРЧОВИХ КОМПОЗИЦІЙ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ	375
9.	MECHANICAL ENGINEERING AND MECHANICAL ENGINEERING	
9.1	Chernets M., Chernets Y., Kornienko A. ANALYSIS OF CONTACT STRENGTH AND LINEAR WEAR OF STRAIGHT-TOOTHED METAL-POLYMER GEAR TRAIN	384
9.2	Oparin S. THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF ENERGY EFFICIENCY OF THE PLANT WASTE GRINDING PROCESS	391
9.3	Pelevin L., Gorbatyuk I., Terentyev O., Sviderskyi A. METHODOLOGICAL AND CRITERION BASES OF THE STUDY OF THE FUNCTIONING OF ENGINEERING COMPLEXES IN THE CREATION OF TARGET OBJECTS OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY	396
9.4	Peretiaka N. AUTOMATION OF PROCESSING RESULTS OF DIAGNOSTIC SURVEYS AND TESTING OF BEARING KNOTS	402
9.5	Savchenko O. TECHNOLOGIES AND METHODS OF PRODUCT PROTECTION AGAINST COUNTERFEITING	407

9.6	Кириченко І.Г., Рєзніков О.О., Рукавишніков Ю.В., Щукін О.В., Орел О.В. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ОПОРНИХ ПРИСТРОЇВ МОБІЛЬНИХ ПІДЙОМНИКІВ З РОБОЧИМИ ПЛАТФОРМАМИ	412
9.7	Піцишин Б.С., Орел В.І., Попадюк І.Ю. ВПЛИВ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ ТА ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ДИТАЛАНУНА ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПІР ЦИЛІНДРИЧНОГО РОТОРА	417
10.	METALLURGY AND ENERGY	
10.1	Cheiliakh O., Cheylyakh Y., Kaiming W. EFFECT OF CHROMIUM ON THE STRUCTURE, METASTABILITY OF AUSTENITE NEW NICKEL-FREE CORROSION-RESISTANT TWO-PHASE STEELS, SELF- INCREASING MECHANICAL PROPERTIES	423
10.2	Fialko N., Prokopov V., Sherenkovskii J., Aleshko S., Meranova N. INFLUENCE OF THE PRIMARY AND SECONDARY AIR CONSUMPTION RATIO ON THE MICROJET BURNER DEVICES EFFICIENCY	430
10.3	Kovalenko T., Serdiuk V., Lys S. INVESTIGATION OF CORROSION DAMAGES OF HEAT- EXCHANGING TUBES A STEAM GENERATOR PGV-1000 NPP OF UKRAINE	435
10.4	Makarov V., Perov M., Kaplin M. RECOMMENDATIONS FOR REFORMING THE COAL INDUSTRY OF UKRAINE	440
10.5	Rymar T., Zayats M., Kazmiruk M. CHECK OF MAINTENANCE OF GUARANTEE INDICATORS OF РПП-54М2 OF A BOILER OF ТП-100	445
10.6	Sigarev E., Lobanov Y. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАСО- І ТЕПЛОПЕРЕНЕСЕННЯ ПРИ НАНЕСЕННІ ГАРНІСАЖНОГО ШЛАКУ НА ФУТЕРІВКУ КОНВЕРТЕРА	453

10.7	Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Тітлов О.С., Альтман Е.І., Мукмінов І.І. ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОХВИЛЬОВОГО НАГРІВУ НАФТОПРОДУКТІВ	458
10.8	Домнічев М.В., Нестеренко О.В., Близнюкова О.Ю. МУЛЬЧУВАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ПИЛОТВОРЕННЯ	470
10.9	Ніжник Н., Сігал О., Плашихін С., Сафьянц А. ПРОБЛЕМАТИКА ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ЯКОСТІ ПАЛИВА НА ПІДПРИЄМСТВАХ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ	474
11.	TELECOMMUNICATIONS	
11.1	Куценко В., Телюков С., Литовченко Д., Рыбалко Д., Рязанцев С. МЕТОД СНИЖЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПОИСКА МАЛОВЫСОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПАССИВНОЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	481
12.	TRANSPORT	
12.1	Chupaylenko A., Kozlov A., Polishchuk R. LOGISTICS OF INTERNATIONAL TRADE TRANSPORT BETWEEN UKRAINE AND CHINA	509
12.2	Chupaylenko A., Kozlov A., Bilokur M. INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE LOGISTICS OF INTERNATIONAL TRANSPORT	514
12.3	Kalinichenko Y., Stenhach O., Alexandrovskaya N., Volovyk K., Kourov M. ENERGY EFFICIENCY IMPROVING OF CARGO AND PASSENGER VESSELS	519
12.4	Sharai S., Hilevska K., Lebid V., Sokulsky O., Vasiltsova N. APPLICATION OF PRACTICAL ASPECTS OF INCOTERMS 2020 AND CUSTOMS LEGISLATION WHILE CARRYING OUT FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY	525

TECHNICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT

12.5	Storozhuk S., Pronchenko A. ROLE OF WATER TRANSPORT IN THE DEVELOPMENT OF TOURISM IN THE NORTHERN BLACK SEA OF UKRAINE	532
12.6	Yesaulov S., Babicheva O. RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THERMAL DIAGNOSTICS MEANS OF TRANSPORTATION EQUIPMENT	543
12.7	Симбирский Г. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕРМОПАР ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ	550
	REFERENCES	555

8.9 Использование минеральных заполнителей, наполнителей и микронаполнителей в сухих строительных смесях для поризованных растворов

Основным способом проектирования составов сухих строительных смесей остается экспериментальный метод подбора рецептов, который заключается в подборе соотношения между вяжущим, заполнителем и добавками по заданным физико-механическим, технологическим и эксплуатационным свойствам [357].

Сухие строительные смеси являются тонкоизмельченным сложным композитом, поэтому в технологии их изготовления возможна компоновка составляющей смеси в виде заполнителя (крупность зерен 0,2-2,5 мм), наполнителя (крупность зерен 0,14-1,25 мм) и микронаполнителя (крупность зерен менее 0,16 мм).

В работах [358, 359] авторы довели, что эффективные микронаполнители – дисперсные природные или техногенные вещества, преимущественно неорганического состава, нерастворимые в воде, которые характеризуются крупностью зерен менее 0,16 мм. Целесообразность использования микронаполнителей для сухих строительных смесей обоснована требованиями ДСТУ Б В.2.7-126: 2011: крупность заполнителей для ССС должна быть не более 0,4, 2,5, 1,25, 0,8, 0,63, 0,4, 0,315 или 0,2 мм в зависимости от группы смеси по назначению. По мнению авторов в работе [360] установлено, что использование для производства сухих строительных смесей, в том числе и поризованных, различных отходов переработки горных пород и отходов промышленности, а также глинистых минералов, которые характеризуются повышенным содержанием пылевидных частиц (менее 0,16 мм – 18-25%). Необходимо отметить, что повышенное содержанием пылевидных частиц является основным препятствием для использования глинистых минералов в обычных растворах и бетонах.

Исследователями в работе [361] установлено, добавление тонкодисперсных минеральных добавок содержащих микрокремнезем, способствует к более

быстрому формированию пластической прочности вяжущего за счет повышения растворимости SiO_2 и последующей интенсификации образования гидросиликатов кальция. Для усиления формирования пластической прочности необходимо дополнительно вводить карбонаты (10-15% мела, или 10-15% доломитовой муки).

Использование карбонатных отходов известняка в производстве сухих строительных смесей обусловлено рядом объективных факторов, главным из которых является достаточно широкое распространение природного известняка, большие запасы некондиционных известняковых отходов в отвалах, высокие технические и эколого-экономические показатели свойств изделий из него [362, 363].

Правильный подбор основного минерального состава смеси с добавлением тонкодисперсного минерального наполнителя и пластификатора позволяет достичь снижения водотвердого отношения (V / T), а, следовательно, повысить водоудерживающую способность раствора [364].

Использование золы-уноса ТЭС для производства ССС позволяет получать на их основе растворы низкой водопотребности без изменения их физико-механических характеристик [365]. Зола-унос ТЭС – это фактически стекловидные инертные частицы шарообразной формы размером до 100 мкм [366], которые будут обладать повышенной подвижностью при низких значениях влажности. Это позволяет получать на основе СБС растворы и бетоны необходимой подвижности и пластичности без добавления других пластифицирующих добавок. Использование тонкодисперсных составляющих, таких как зола-унос ТЭС, способствует равномерному полидисперсному распределению компонентов вяжущего, способствует интенсификации процессов гидратации, а следовательно приводит к повышению активности вяжущего [367].

В работах авторами [368-370] установлено закономерности изменения свойств ССС от оптимального гранулометрического состава сухих смесей, содержания высокодисперсных минеральных наполнителей или

тонкодисперсных минеральных добавок. Кроме химического состава компонентов и их дисперсности (удельной поверхности), на формирование структуры цементного камня при поризации влияет добавление минерально-однородных компонентов с высокой поверхностной активностью в водной среде [371].

Нами проведено исследование влияния гранулометрического состава сухих смесей, проведен подбор минеральных заполнителей и наполнителей. В таблице 1 приведены свойства: заполнителей – кварцевого (КП) и известнякового песков (ИП) с модулем крупности $M_k=1,2$; наполнителей – кварцевого песка, глиняного порошка (ГП), известнякового песка из отходов добычи карбонатных пород, золы-уноса ТЭС с модулем крупности $M_k=0,16$.

Таблица 1. Свойства минеральных наполнителей

Вид наполнителя	M_k до помола	Удельная поверхность после помола, S , $\text{см}^2/\text{г}$	Содержание частиц размером 0,14 мм	Насыпная плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$
ИП	0,315	3000	30%	1110
ИП	0,63	3000	30%	940
КП	1,2	2500-3000	30%	1410
ГП	0,315	1000-3500	90%	1070
ГП	0,63	1000-3500	80%	910
ЗУ	0,14	2000-3000	95%	1130

Использование цементного вяжущего составляло 10-12% от массы сухих компонентов, а поризованная структура достигалась введением поверхностно-активных веществ, а не использованием пористых заполнителей. Наполнители вводили в количестве 5-30% от массы цемента. Эффект поризации сухих смесей ПАВ составляет 33-65%. Результаты экспериментальных исследований показали, что прочность полученных смесей превышает в 1,1-2,8 раза прочность ССС на пористых заполнителях (перлитовые ССС имеют $R_{сж.}=0,45-1,8$ МПа), а средняя плотность составляет до $1200 \text{ кг}/\text{м}^3$, что позволяет использовать их для получения конструкционно-теплоизоляционных материалов. В таблице 2 приведены основные характеристики поризованных ССС в зависимости от вида наполнителей.

Таблица 2. Свойства поризованных растворов из ССС

Вид наполнителя	ρ_m , кг/м ³	$R_{сж.}$, возраст 28 суток, МПа	λ , Вт/(м \times °С)
Кварцевый песок	1195	4,95	0,51
Глиняный порошок	1100	3,84	0,46
Зола-унос ТЭС	1050	4,0	0,43
Известняковый песок	980	4,9	0,40

Основные исследования были выполнены с применением математического планирования эксперимента [372 - 373], условия планирования которого приведены в таблице 3. Во время исследований в каждой точке плана изготавливали поризованный раствор состава вяжущее : заполнитель : наполнитель из вариацией содержания этих компонентов, определяли В/Т отношение для достижения растекания раствора на встряхивающем столике не менее 80 мм и растекание по вискозиметру Суттарда не менее 120 мм, среднюю плотность и прочность образцов-балочек на сжатие и изгиб в возрасте 28 суток.

Таблица 3. Условия планирования эксперимента

№	Факторы влияния		Уровни варьирования						Интервал
	Натуральные	Кодированные	-3	-2	-1	0	+1	+2	
1	Расход цемента, Ц,% от массы сухой смеси	X_1	-	-	10	12	15	-	2
2	Содержание наполнителя,% от массы сухой смеси: - кварцевый песок, КП; - известняковый песок, ИП; - глиняный порошок, ГП; - зола-унос ТЭС, ЗУ	X_2 X_4 X_6 X_7	5	10	15	20	25	30	5
3	Расход заполнителя,% от массы сухой смеси: - кварцевый песок, КП; - известняковый песок, ИП	X_3 X_5	80	75	70	65	60	55	5

После проведения обработки и статистического анализа экспериментальных данных получены математические модели свойств поризованных растворов на основе ССС в виде полиномиальных уравнений регрессии (1) - (4) :

- водотвердого отношения:

$$\begin{aligned}
 B/T = & 0.395 - 0.051x_1 - 0.003x_1^2 + 0.005x_2 + 0.002x_3 - \\
 & - 0.001x_4 + 0.002x_5 + 0.011x_6 - 0.002x_7 - 0.0x_7^2;
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

- средней плотности:

$$\rho_m = -1246.103 + 380.946x_1 - 17.231x_1^2 - 9.15x_2 + 0.785x_2^2 + 7.216x_3 - 0.096x_3^2 + 18.571x_4 - 0.74x_4^2 + 0.073x_5 + 0.008x_5^2 + 18.664x_6 - 0.507x_6^2 + 22.509x_7 - 0.55x_7^2; \quad (2)$$

- прочности на сжатие:

$$R_{st} = -17.174 + 3.596x_1 - 0.163x_1^2 - 0.194x_2 + 0.013x_2^2 - 0.064x_3 + 0.001x_3^2 + 0.045x_4 - 0.055x_5 + 0.001x_5^2 + 0.131x_6 - 0.004x_6^2 + 0.204x_7 - 0.004x_7^2; \quad (3)$$

- прочности на изгиб:

$$R_{zg} = -13.858 + 2.704x_1 - 0.123x_1^2 - 0.210x_2 + 0.010x_2^2 - 0.012x_3 + 0.0x_3^2 + 0.028x_4 - 0.001x_4^2 + 0.057x_6 - 0.002x_6^2 + 0.064x_7 - 0.001x_7^2. \quad (4)$$

Исследования показали, что на В/Т отношение наиболее существенное влияние, как и ожидалось, имеет расход цемента и введение наполнителя глиняного порошка из-за их высокой удельной поверхности (В/Т=0,3). Известно, что введение тонкодисперсного наполнителя в виде золы-уноса ТЭС способствует уменьшению водопотребности растворов и бетонов [374-376], что объясняется уменьшением количества капиллярной воды, которую могут содержать стекловидные частицы золы.

Положительное влияние на уменьшение В/Т отношения имеет использование известнякового порошка. Низкие значения водопотребности смесей достигаются сочетанием кварцевого песка в качестве заполнителя и известнякового песка в качестве наполнителя (В/Т=0,15), а также известнякового песка в качестве заполнителя и золы-уноса в качестве наполнителя (В/Т=0,22). Использование кварцевого и известнякового песка в качестве наполнителя в сочетании с известняковым заполнителем приводит к увеличению В/Т до 0,34 и до 0,4 соответственно.

Установлено, что самая низкая средняя плотность наблюдается при использовании в качестве наполнителя карбонатного песка в сочетании с карбонатным (810-1150 кг/м³) и кварцевым песком (630-1060 кг/м³) в роли заполнителя. Введение глиняного порошка и золы-уноса приводит к повышению средней плотности до 1100-1200 кг/м³ за счет их высокой дисперсности,

насыщения пен, которое ведет к разрушению воздушных пузырьков, уменьшение кратности, а в результате – к получению растворов высшей средней плотности и низшей пористости.

Анализируя уравнение 3, приходим к выводу, что на прочность сжатия затвердевшего поризованного раствора больше влияет, как и ожидалось, расход цемента, содержание золы-уноса, карбонатного песка, в качестве наполнителей и карбонатного песка, как заполнителя. Сочетание кварцевого заполнителя и карбонатного или глиняного наполнителя дают наименьшие значения прочности на сжатие. Глиняный наполнитель целесообразно сочетать с карбонатным заполнителем, ограничивая содержание первого в пределах 5-10% от общей массы сухих компонентов. Зола-унос в сочетании как с карбонатным, так и кварцевым заполнителем дает положительное влияние на увеличение прочности поризованных растворов (в среднем до 5 МПа), однако при использовании карбонатного песка прочность выше на 1,5%. Введение в сухую смесь в виде наполнителя кварцевого песка в пределах 10-30%, известнякового песка – 15-30% при использовании известнякового заполнителя позволяет получить прочность образцов 4.-9 МПа.

Исследованиями установлено, что больше всего на значение прочности на изгиб до 5 МПа влияет увеличение содержания наполнителя из кварцевого песка – до 30%, золы-уноса – в пределах 15-20%, известнякового песка – в пределах 5-10% в сочетании с заполнителем из известнякового песка. Все остальные комбинации сочетания заполнителей и наполнителей дают значение прочности на изгиб в пределах 1,5-3 МПа. Самыми низкими они являются при использовании кварцевого песка, как заполнителя, с известняковым наполнителем (прочность падает до 0,5-2,5 МПа).

Полученные результаты экспериментальных исследований показывают, что свойства поризованных ССС зависят от типа минерального наполнителя. Так, молотый кварцевый песок, как и известняковый песок из твердых кристаллических известняков, проявляют абразивное воздействие на клинкерные частицы цемента – повышают их дисперсность. Однако кварцевый песок является

в основном инертным материалом, в то время как карбонаты могут служить активным наполнителем.

Влияние глинистых минералов на свойства ССС зависит от химического состава глины и ее дисперсности. Целесообразно использовать пластичные глины с удельной поверхностью, близкой к $S_{уд}$ цемента. Также глины являются сорбентами, которые могут впитывать в себя избыточную воду при замесе и легко отдавать в процессе гидратации смеси. Зола-унос требует предварительной активации, так как без нее остается, в основном, инертным компонентом раствора. Поэтому целесообразно использовать наполнители и заполнители на основе отходов известняковых карбонатных пород для сухих строительных смесей, поризованных ПАВ